

AA

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-354006

(43)Date of publication of application : 19.12.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

H04Q 3/52

(21)Application number : 11-269040

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 22.09.1999

(72)Inventor : MIYAJI MASAhide
FUJIMA HARUMI
SHIBAGAKI TARO

(30)Priority

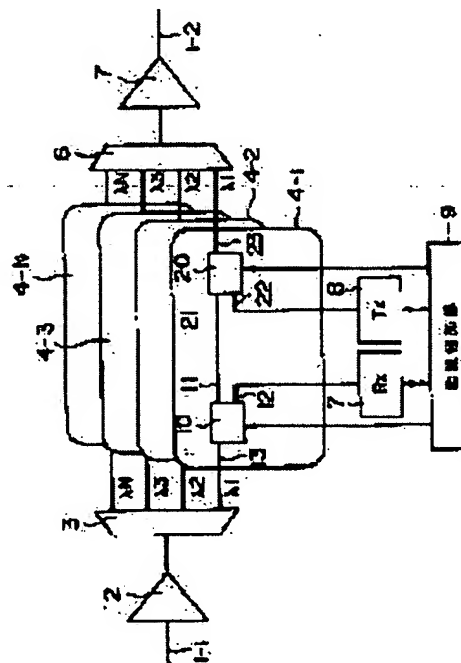
Priority number : 11098167 Priority date : 05.04.1999 Priority country : JP

(54) LIGHT BRANCH INSERTION NODE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly reliable light branch insertion node device which can prevent leakage of optical signals to be branched, even when a fault occurs in an optical branching device.

SOLUTION: A light branching insertion node device is provided with a demultiplexer 3, which demultiplexes wavelength-multiplexed optical signals transmitted via an optical transmission line 1-1 at every wavelength, an optical switch 10 for branching which receives demultiplexed optical signals of each wavelength by means of an input port, and an optical switch 20 for insertion the first input port 21, of which is connected to the first output port 11 of the switch 10. The node device is also provided with an optical receiver 7, which receives the optical signals branched from the second output port 12 of the optical switch 10 for branching, an optical transmitter 8 which supplies the optical signals to be inserted into the second input port 22 of the optical switch 20 for insertion, and a multiplexer 6 which multiplexes optical signals of each wavelength from the output port 23 of the switch 20 for insertion and sends the multiplexed optical signals to an optical transmission line 1-2. In addition, the node device is also provided with a supervisory and control section 9, which separately controls the optical switches 10 and 20.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-354006
(P2000-354006A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	H 5 K 0 0 2
H 0 4 J 14/00		H 0 4 Q 3/52	C 5 K 0 6 9
	14/02	H 0 4 B 9/00	U
H 0 4 Q 3/52			E

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平11-269040
(22) 出願日 平成11年9月22日 (1999. 9. 22)
(31) 優先権主張番号 特願平11-98167
(32) 優先日 平成11年4月5日 (1999. 4. 5)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72) 発明者 宮地 正英
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72) 発明者 藤間 晴美
東京都日野市旭が丘3丁目1番地の1 株
式会社東芝日野工場内
(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

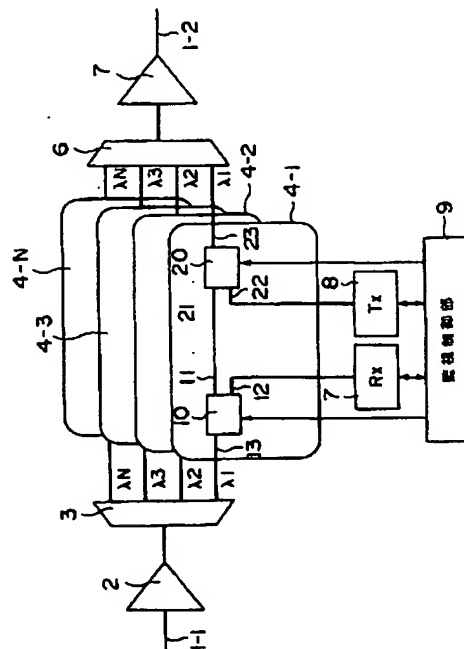
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光分岐挿入ノード装置

(57) 【要約】

【課題】 光分岐器に障害が発生しても、分岐すべき光信号の漏洩を防ぐことができる信頼性の高い光分岐挿入ノード装置を提供する。

【解決手段】 光伝送路1-1を介して伝送されてきた波長多重光信号を各波長毎に分波する分波器3と、分波された各波長の光信号を入力ポートに受ける分岐用光スイッチ10と、分岐用光スイッチ10の第1の出力ポート11に第1の入力ポート21が接続された挿入用光スイッチ20と、分岐用光スイッチ10の第2の出力ポート12から分岐された光信号を受信する光受信器7と、挿入用光スイッチ20の第2の入力ポート22に挿入すべき光信号を供給する光送信器8と、挿入用光スイッチ20の出力ポート23からの各波長の光信号を合波して光伝送路1-2へ送出する合波器6と、分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20を個別に制御する監視制御部9を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を各波長毎に分波する分波器と、
 入力ポートと第1および第2の出力ポートを有し、前記分波器により分波された各波長の光信号を入力ポートに受ける分岐用光スイッチと、
 第1および第2の入力ポートと出力ポートを有し、前記分岐用光スイッチの第1の出力ポートに第1の入力ポートが接続された挿入用光スイッチと、
 前記分岐用光スイッチの第2の出力ポートから分岐された光信号を受信する光受信器と、
 前記挿入用光スイッチの第2の入力ポートに挿入すべき光信号を供給する光送信器と、
 前記挿入用光スイッチの出力ポートからの各波長の光信号を合波して光伝送路へ送出する合波器と、
 前記分岐用光スイッチおよび前記挿入用光スイッチを個別に制御する制御手段と、
 を有することを特徴とする光分岐挿入ノード装置。

【請求項2】光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を各波長毎に分波する分波器と、
 入力ポートと第1および第2の出力ポートを有し、前記分波器により分波された各波長の光信号を入力ポートに受ける分岐用光スイッチと、
 前記分岐用光スイッチの第1の出力ポートに入力端が接続された光可変減衰器と、
 第1および第2の入力ポートと出力ポートを有し、前記光可変減衰器の出力端に第1の入力ポートが接続された挿入用光スイッチと、
 前記分岐用光スイッチの第2の出力ポートから分岐された光信号を受信する光受信器と、
 前記挿入用光スイッチの第2の入力ポートに挿入すべき光信号を供給する光送信器と、
 前記挿入用光スイッチの出力ポートからの各波長の光信号を合波して光伝送路へ送出する合波器と、
 前記分岐用光スイッチおよび前記挿入用光スイッチを個別に制御し、さらに前記光可変減衰器の減衰量を制御する制御手段とを有することを特徴とする光分岐挿入ノード装置。

【請求項3】前記制御手段は、前記分岐用光スイッチに障害が生じた場合に前記挿入用光スイッチの第1の入力ポートを該挿入用光スイッチの出力ポートに接続することを特徴とする請求項1または2記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項4】前記光伝送路に挿入された少なくとも一つの光増幅器および前記光受信器の少なくとも一方は所定の時定数の自動利得制御機能を有し、前記分岐用光スイッチおよび前記挿入用光スイッチは前記自動利得制御機能の時定数より大きな時定数でスイッチ動作を行うことを特徴とする請求項1または2記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項5】前記分岐用光スイッチおよび前記挿入用光スイッチは、熱光学効果もしくは音響光学効果を用いた光スイッチであることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項6】前記制御手段は、前記分岐用光スイッチの入力ポートと第2の出力ポートを接続させた分岐状態のとき前記光可変減衰器の減衰量を所定値以上に設定することを特徴とする請求項2記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項7】前記制御手段は、前記分岐用光スイッチの入力ポートと第1の出力ポートを接続させ、かつ前記挿入用光スイッチの第1の入力ポートと出力ポートを接続させた通過状態のとき、通過する光信号パワーが一定となるように前記光可変減衰器の減衰量を制御し、減衰量が所定の値以下となった場合には異常信号を出力することを特徴とする請求項2記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項8】前記挿入用光スイッチと前記合波器の間に挿入され、光信号の一部を分岐する光カプラと、
 前記光カプラにより分岐された光信号の所定の伝送特性値を監視し、該伝送特性値が予め設定されている範囲を越えた場合に異常信号を発生する手段とをさらに有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項9】時計回りに波長多重光信号を伝送する少なくとも一つの第1の現用系光伝送路と、反時計回りに波長多重光信号を伝送する少なくとも一つの第2の現用系光伝送路と、時計回りに波長多重光信号を伝送する少なくとも一つの第1の予備系光伝送路と、反時計回りに波長多重光信号を伝送する少なくとも一つの第2の予備系光伝送路とによってリング状に接続される光分岐挿入ノード装置において、

前記第1の現用系光伝送路、第2の現用系光伝送路、第1の予備系光伝送路および第2の予備系光伝送路のそれぞれの途中に挿入され、少なくとも一つの波長の光信号の分岐、挿入を行う光分岐挿入回路と、

前記光分岐挿入回路により分岐される光信号の受信を行う光受信器と、

前記光分岐挿入回路により挿入される光信号の送信を行う光送信器と、

40 前記光分岐挿入回路の入出力部で前記第1の現用系光伝送路と前記第1の予備系光伝送路との切替を行う第1の光路切替スイッチと、

前記光分岐挿入回路の入出力部で前記第2の現用系光伝送路と前記第2の予備系光伝送路との切替を行う第2の光路切替スイッチと、

前記光分岐挿入回路と前記光受信器との間に設けられ、前記光分岐挿入回路により分岐される光信号の光路の切替を行う第3の光路切替スイッチと、

50 前記光分岐挿入回路と前記光送信器との間に設けられ、前記光分岐挿入回路により挿入される光信号の光路の切

替を行う第4の光路切替スイッチとを有することを特徴とする光分岐挿入ノード装置。

【請求項10】前記第1の現用系光伝送路、第2の現用系光伝送路、第1の予備系光伝送路および第2の予備系光伝送路のそれぞれの途中に挿入された少なくとも一つの光増幅器および前記光受信器の少なくとも一方は、所定の時定数の自動利得制御機能を有し、前記第1乃至第4の光路切替スイッチは、前記自動利得制御機能の時定数より大きな時定数でスイッチ動作を行うことを特徴とする請求項9記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項11】前記第1乃至第4の光路切替スイッチは、熱光学効果もしくは音響光学効果を用いた光スイッチであることを特徴とする請求項9または10項記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項12】少なくとも互いに反対方向に光信号を送送する一対の光伝送路を有する光波ネットワークにおいて、各光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を複数の波長群の光信号に分波する第1の光分波手段と、前記波長群を合波し前記光伝送路へ光信号を供給する第1の光合波手段と、前記波長群毎に設けられ、前記波長群の光信号を各波長毎に分波する第2の光分波手段と、前記第2の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う分岐挿入手段と、前記分岐挿入手段から出力される光信号を合波し、前記波長群を再び構成する第2の光合波手段とを具備し、前記第1の光分波手段および第1の光合波手段は、周回性を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器であることを特徴とする光分岐挿入ノード装置。

【請求項13】前記第2の光分波手段および第2の光合波手段の透過帯域幅は、前記第1の光分波手段および第1の光合波手段の透過帯域幅よりも十分に大きいことを特徴とする請求項12記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項14】前記第1の光分波手段と前記第2の光分波手段との間、もしくは前記第2の光合波手段と前記第1の光合波手段との間に、光パワーレベル調整手段を具備することを特徴とする請求項12または請求項13記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項15】前記波長群は現用系と予備系に予め割り当てられており、現用系波長群内のノード装置に障害が生じた場合に、前記現用系波長群を予め定められた予備系波長群に切り替える手段を有することを特徴とする請求項12乃至請求項14記載のいずれか1に記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項16】前記現用系波長群と予備系波長群とは互いに隣り合う波長群であることを特徴とする請求項15記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項17】少なくとも互いに反対方向に光信号を送送する一対の光伝送路を有する光波ネットワークにおいて、各光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を複数の波長群の光信号に分波する第1の光分波手段

と、前記波長群を合波し前記光伝送路へ光信号を供する第1の光合波手段と、前記第1の光分波手段の出力の方路を切り替える複数の1入力2出力の第1の光スイッチと、前記第1の光スイッチの第1の出力ポートに接続され、前記波長群の光信号を各波長毎に分波する第2の光分波手段と、前記第2の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う第1の分岐挿入手段と、前記第1の分岐挿入手段から出力される光信号を合波し、前記波長群を再び構成する第2の光合波手段と、前記複数の第1の光スイッチの第2の出力ポートに接続され、波長ルーティング機能を有する第3の光分波手段と、前記第3の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う第2の分岐挿入手段と、前記第2の分岐挿入手段から出力される光信号を合波する、波長ルーティング機能を有する第3の光合波手段と、前記第2の光合波手段からの出力と、前記第3の光合波手段からの出力を入力とする2入力1出力の第2の光スイッチとを有することを特徴とする光分岐挿入ノード装置。

【請求項18】前記第1の光分波手段および第1の光合波手段は、周回性を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器であることを特徴とする請求項17記載の光分岐挿入ノード装置。

【請求項19】前記第2の光分波手段および第2の光合波手段の透過帯域幅は、前記第1の光分波手段および第1の光合波手段の透過帯域幅よりも十分に大きいことを特徴とする請求項17記載の光分岐挿入ノード装置

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重を用いた光波ネットワークのノードに設けられるノード装置に係り、特に波長多重光信号から任意の波長の光信号を分岐したり、波長多重光信号に任意の波長の光信号を挿入する機能を有する光分岐挿入ノード装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インターネットの普及により、ネットワークの大容量化が急務となっている。この要求に応えるものとして、波長多重(Wavelength Division Multiplex: WDM)を用いた光波ネットワークは、伝送容量を飛躍的に向上させ、かつ柔軟性の高いネットワーク構築が可能であることから、大いに注目されている。

【0003】WDMを用いた光波ネットワークとして、特定波長の光信号の分岐、挿入を行う機能を有する光分岐挿入多重(Optical Add/Drop Multiplex: OADM)がある。OADMは、各ノードにおいて光信号から電気信号への変換や、電気信号から光信号への変換といった電気的な処理が介在しないトランスパレントな光波ネットワークの実現形態の一つであり、各ノードにおいては必要な光信号のみを分岐・挿入することでノードコストの低減が図ることができる。また、OADMを用いると、ネットワーク形態をリング状にすることによ

て、ネットワーク障害に対して柔軟に対応でき、信頼性の高い光波ネットワークを構築することができる。

【0004】図11に、OADMで用いられる従来の光分岐挿入ノード装置の構成を示す。光伝送路1-1を伝送されてきた波長多重光信号は、光増幅器2で一括に増幅された後、光分波器3で各波長の光信号に分波される。分波された各波長の光信号は、光分岐挿入回路200-1、200-2、200-3、200-4にそれぞれ入力される。光分岐挿入回路200-1、200-2、200-3、200-4は、それぞれ2入力2出力の光スイッチ201、光可変減衰器202、光カプラ203および制御部204により構成される。光スイッチ201を制御することによって、光信号の分岐、挿入もしくは通過が可能となる。

【0005】光スイッチ201から出力される光信号は光可変減衰器202を通過した後、光カプラ203で一部が分岐され、制御部204へ入力される。光カプラ203からの残りの光信号は光合波器6で波長多重され、光増幅器7で増幅された後、光伝送路1-2に送出される。制御部204は、光カプラ203で分岐された光信号のパワーが一定となるように、光可変減衰器202の減衰量を制御する。

【0006】このような構成の従来の光分岐挿入ノード装置においては、光スイッチ201で分岐動作と挿入動作が同時に生じるために、分岐動作時に光スイッチ201に障害が発生すると、それまで分岐されていた光信号がノードを通過（スルー）してしまう。このことは、情報が他のノードに漏洩することとなり、ネットワークの信頼性を著しく低下させるという問題が生じた。

【0007】また、波長多重ネットワークにおいては、伝送路障害などのネットワーク障害に対してプロテクション機能を持たせることにより、ネットワークの信頼性を向上させる手法がとられる。特開平10-112700に、プロテクション機能を有する光分岐挿入ノード装置が開示されている。

【0008】図12は、この光分岐挿入ノード装置の構成を示す図であり、時計回りの現用系光伝送路211-1、211-2、反時計回りの現用系光伝送路212-1、212-2、時計回りの予備系光伝送路213-1、213-2および反時計回りの予備系光伝送路214-1、214-2は、それぞれ波長多重光信号を伝送する。これら光伝送路のそれぞれに接続された光分岐挿入回路221、222、223、224は、波長多重光信号の中からノードに割り当てられた波長の光信号のみの分岐挿入を行う。

【0009】光伝送路211-1、212-1、213-1、214-1から入力され、光分岐挿入回路221、222、223、224で分岐された光信号は、第1の光マトリックススイッチ231を介して光送受信器241、242、243、244にそれぞれ入力され

る。また、光送受信器241、242、243、244から出力される光信号は、第2の光マトリックススイッチ232を介して光分岐挿入回路241、242、243、244に入力され、光伝送路211-2、212-2、213-2、214-2に挿入される。光マトリックススイッチ231、232は、任意の入力ポートを任意の出力ポートに接続するスイッチであり、その接続状態は制御部230により制御される。

【0010】伝送路障害時には、ネットワークの送信端と受信端の両方で光マトリックススイッチ231、232を制御し、予備系光伝送路213-1、213-2および214-1、214-2を選択することによって、障害を回避する。しかし、このようなプロテクション機能を有する光分岐挿入ノード装置では、伝送路障害時に常にネットワークの送信端と受信端での切替制御が必要であるため、制御が煩雑であり、コストの増大や信頼性の低下を招くという問題が生じる。

【0011】さらに、従来の光分岐挿入ノード装置では、光パスの再構築（更新）や障害発生時のリストラクションにおいて、光スイッチの切替えを高速に行っていた。しかし、スイッチの高速切替えは、光伝送路を伝送される光信号の波長数を急激に増減させ、それに伴い光伝送路を通過する光信号のトータルの光パワーが大きく変動するため、光伝送路に挿入されている光増幅器で光サージを発生させる。光サージの発生は受信感度の低下を引き起こすのみならず、光受信器を破壊させるおそれがある。また、従来の機械式もしくは磁気光学効果を利用した光スイッチでは、切替え動作時の光パワー変動の速度の設定を自由に行うことができず、システム設計において自由度が小さいという問題があった。

【0012】上述した従来のOADMノードにおいては、光分波器3の1つのポートからは所望の波長 λ_1 のみが出力されることが望ましいが、光分波器3のクロストーク特性により、他のポートにも波長 λ_1 が漏洩してしまう。この他のポートへの漏洩は、光合波器6で再び合波される時に、コヒーレントクロストークと呼ばれる干渉性クロストークを発生させる原因となり、伝送特性を劣化させる。

【0013】近年、光伝送路やノード装置での損失を補償するための光増幅器の広帯域化に伴い、1本の光伝送路に多重できる波長数も16、32、64と増加の傾向にある。波長数の増大は、一つのノードにおけるコヒーレントクロストークを発生させる光パスの数を増大させることになるので、ノードを多段接続した場合に、伝送特性の著しい劣化を生じさせるという問題が生じた。

【0014】また、波長数の増大に伴って、ノードのスケラビリティやモジュラリティ、および光素子の経済性の観点から、光パス層の階層化としてマトリックス波長多重方式が小関らにより提案されている（1997年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会B-10-8

10

20

30

40

50

6)。

【0015】図23にマトリックス波長多重方式における波長配置を示す。ここでは、波長多重されている信号を各バンド単位でハンドリングする。しかしながら、このように隣接するチャンネル毎にバンドを形成する方式では、バンド毎に分波する際に、各バンド間のクロストークを抑圧するためにガードバンドが必要となるために帯域利用効率が低下するという問題が生じた。

【0016】さらに、ノード装置の各構成要素に対する冗長構成についても、1:1の構成をとるのでは、波長数が増大した場合に装置規模やコストが莫大なものとなる。波長多重を用いた光波ネットワークにおいては、複数の現用系に対して1つの予備系を割り当てるN:1の冗長構成をとることによって、装置規模やノードコストを削減することができる。N:1の冗長構成については、D. Ueharaらから報告がある(EOC'97, TH2A)。この文献では、光分波器で分波された光信号は、光マトリックススイッチを介してOADM回路に入力される。光分波器で分波された波長のうち1波長を予備系に割り当てる。現用系のOADM回路に障害が発生した場合には、光マトリックススイッチにより予備系に迂回させることにより障害復旧を行う。

【0017】このように、N:1の冗長構成をとるためには、従来光マトリックススイッチが用いられてきた。N:1の冗長構成においては、Nが大きいほど経済的であるために、大規模な光マトリックススイッチが要求される。しかしながら、大規模な光マトリックススイッチは、性能やコスト、信頼性といった点で実用化が非常に困難である。したがって、波長数が増大すると、ノード装置の低コスト化が困難であるという問題が生じた。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の光分岐挿入ノード装置では、光分岐挿入回路に障害が発生した場合、光信号の情報が他のノードに漏洩することがあるため、ネットワークの信頼性を著しく低下させるという問題があり、またプロテクション機能を持たせたものでは、伝送路障害時に常にネットワークの送信端と受信端での切替制御が必要であるために複雑な制御が必要とし、コストや信頼性の面で問題があった。

【0019】更に、従来の光分岐挿入ノード装置では、波長数の増大に伴ってコヒーレントクロストークを生じさせる光パスの数が増大するために、ノードを多段接続した時に著しい伝送特性劣化を生じさせるという問題があった。

【0020】さらに光パスの階層化を行う際に、隣接するバンド間のクロストークを抑圧するためにガードバンドが必要となり、帯域利用効率が低下するという問題が生じた。

【0021】さらに、従来のノード装置においてN:1の冗長構成のためには、光マトリックススイッチが必要

であるために、ノード装置の低コスト化が困難であるという問題が生じた。

【0022】本発明の目的は、光分岐挿入回路に障害が生じて他のノードに情報が漏洩することを阻止でき、信頼性の高いネットワークを構築できる光分岐挿入ノード装置を提供することにある。

【0023】本発明の他の目的は、簡便な切替制御により柔軟なプロテクション機能を実現できる光分岐挿入ノード装置を提供することにある。

【0024】本発明のもう一つの目的は、光パスの更新時や切替えの際に光サージの発生を抑圧し、安定した伝送特性を実現できる光分岐挿入ノード装置を提供することにある。

【0025】本発明の目的は、波長数が増大してもコヒーレントクロストークによる伝送特性劣化を抑圧でき、帯域利用効率の向上を図れる光分岐挿入ノード装置を提供することにある。

【0026】本発明の他の目的は、波長数が増大しても低コストで、N:1の冗長構成を実現できる光分岐挿入ノード装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る光分岐挿入ノード装置は、光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を各波長毎に分波する分波器と、入力ポートと第1および第2の出力ポートを有し、分波器により分波された各波長の光信号を入力ポートに受ける分岐用光スイッチと、第1および第2の入力ポートと出力ポートを有し、分岐用光スイッチの第1の出力ポートに第1の入力ポートが接続された挿入用光スイッチと、分岐用光スイッチの第2の出力ポートから分岐された光信号を受信する光受信器と、挿入用光スイッチの第2の入力ポートに挿入すべき光信号を供給する光送信器と、挿入用光スイッチの出力ポートからの各波長の光信号を合波して光伝送路へ送出する合波器と、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチを個別に制御する制御手段とを有することを特徴とする。

【0028】このように分岐用光スイッチと挿入用光スイッチを個別に制御できるようにすることによって、分岐用光スイッチが障害により分岐動作状態(入力ポートが第2の出力ポートに接続された状態)から通過動作状態(入力ポートが第1の出力ポートに接続された状態)に切替わっても、挿入用光スイッチを挿入動作状態(第2の入力ポートが出力ポートに接続された状態)とすることによって、光信号がノードを通過して他ノードに漏洩してしまうことを阻止できる。

【0029】本発明に係る他の光分岐挿入ノード装置は、分岐用光スイッチの第1の出力ポートと挿入用光スイッチの第1の入力ポートとの間に光可変減衰器を挿入し、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチを個別に制御し、さらに光可変減衰器の減衰量を制御するように

したことを特徴とする。

【0030】このように分岐用光スイッチと挿入用光スイッチとの間に光可変減衰器を挿入し、分岐用光スイッチの分岐動作時（入力ポートが第2の出力ポートに接続された状態）に光可変減衰器の減衰量を所定値以上に設定すると、分岐用光スイッチに障害が生じて入力ポートが第1の出力ポートに接続され、それまで分岐されていた光信号が分岐用光スイッチを通過したとしても、この光信号は光可変減衰器により十分に減衰されるため、同時に挿入用光スイッチに障害が生じて第1の入力ポートが出力ポートに接続された通過動作状態となっても、他ノードへの光信号の漏洩が阻止され、更なる信頼性の向上を図ることができる。

【0031】また、光信号の通過動作時（分岐用光スイッチの入力ポートと第1の出力ポートを接続させ、かつ挿入用光スイッチの第1の入力ポートと出力ポートを接続させた状態のとき）には、通過する光信号のパワーレベルが一定となるように光可変減衰器の減衰量を制御することによって、波長数の変動などによって生じる光信号のパワーレベル変動に対処でき、安定な伝送特性を実現することが可能となる。

【0032】また、光伝送路に挿入された少なくとも1つの光増幅器および光受信器の少なくとも一方に所定の時定数の自動利得制御機能を持たせ、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチが該自動利得制御機能の時定数より大きな時定数でスイッチ動作を行うように構成することにより、光パスの再構築の際に発生する光パワー変動を光増幅器や光受信器のAGC機能により吸収でき、安定な伝送特性を実現することが可能となる。

【0033】この場合、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチとして、熱光学効果もしくは音響光学効果を利用した光スイッチを用いることにより、スイッチ動作速度（時定数）の設定に大きな自由度を与えることができ、かつスイッチ動作時の光パワー変動を滑らかにして光サージの発生を抑圧できる。

【0034】さらに、挿入用光スイッチと合波器の間に、光信号の一部を分岐する光カプラを挿入し、この光カプラにより分岐された光信号の所定の伝送特性値を監視し、該伝送特性値が予め設定されている範囲を越えた場合に異常信号を発生させることにより、ネットワーク障害を未然に防ぐことも可能となる。ここで、光信号の所定の伝送特性値としては光パワーレベルでもよいが、特にQ値が望ましい。Q値を監視するようにすると、障害個所の特定が容易となり、障害復旧時間を短縮してネットワークの利用効率を向上させることができる。

【0035】本発明に係るさらに別の光分岐挿入ノード装置は、時計回りに波長多重光信号を送送する少なくとも1つの第1の現用系光伝送路と、反時計回りに波長多重光信号を送送する少なくとも1つの第2の現用系光伝送路と、時計回りに波長多重光信号を送送する少なく

とも1つの第1の予備系光伝送路と、反時計回りに波長多重光信号を送送する少なくとも一つの第2の予備系光伝送路とによってリング状に接続される光分岐挿入ノード装置において、第1の現用系光伝送路、第2の現用系光伝送路、第1の予備系光伝送路および第2の予備系光伝送路のそれぞれの途中に挿入され、少なくとも1つの波長の光信号の分岐、挿入を行う光分岐挿入回路と、光分岐挿入回路により分岐される光信号の受信を行う光受信器と、光分岐挿入回路により挿入される光信号の送信を行う光送信器と、光分岐挿入回路の入出力部で第1の現用系光伝送路と第1の予備系光伝送路との切替を行う第1の光路切替スイッチと、光分岐挿入回路の入出力部で第2の現用系光伝送路と第2の予備系光伝送路との切替を行う第2の光路切替スイッチと、光分岐挿入回路と光受信器との間に設けられ、光分岐挿入回路により分岐される光信号の光路の切替を行う第3の光路切替スイッチと、光分岐挿入回路と光送信器との間に設けられ、光分岐挿入回路により挿入される光信号の光路の切替を行う第4の光路切替スイッチとを有することを特徴とする。

【0036】このようにノード装置の入出力部に同一方向に波長多重光信号を送送する光伝送路の切替制御を行う第1、第2の光路切替スイッチを設けることにより、現用系光伝送路に障害が生じた場合には、障害区間の両端のノードのみで切替制御を行うことで障害回避が可能となる。また、現用系光分岐挿入回路に障害が生じた場合には、障害が生じたノード内部のみで切替制御を行えばよい。さらに、光分岐挿入回路と光送受信器との間に分岐、挿入する光信号の第3の光路切替スイッチを有しているので、現用系および予備系伝送路の両方に障害が生じて、障害を回避できる。従って、簡便な切替制御方式で、様々な障害に対処できる柔軟なプロテクション機能を実現できる。

【0037】ここで、第1の現用系光伝送路、第2の現用系光伝送路、第1の予備系光伝送路および第2の予備系光伝送路のそれぞれの途中に挿入された少なくとも一つの光増幅器および光受信器の少なくとも一方に、所定の時定数の自動利得制御機能を持たせ、第1乃至第4の光路切替スイッチが該自動利得制御機能の時定数より大きな時定数でスイッチ動作を行うようにすることにより、光パスの再構築の際に発生する光パワー変動を光増幅器や光受信器のAGC機能により吸収でき、安定な伝送特性を実現することが可能となる。

【0038】この場合、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチとして、熱光学効果もしくは音響光学効果を利用した光スイッチを用いることにより、スイッチ動作速度（時定数）の設定に大きな自由度を与えることができ、かつスイッチ動作時の光パワー変動を滑らかにして光サージの発生を抑圧できる。

【0039】本発明に係る光分岐挿入ノード装置は、少なくとも互いに反対方向に光信号を送送する一対の光伝

10

20

30

40

50

送路を有する光波ネットワークにおいて、各光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を複数の波長群の光信号に分波する第1の光分波手段と、前記波長群を合波し前記光伝送路へ光信号を供する第1の光合波手段と、前記波長群毎に設けられ、前記波長群の光信号を各波長毎に分波する第2の光分波手段と、前記第2の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う分岐挿入手段と、前記分岐挿入手段から出力される光信号を合波し、前記波長群を再び構成する第2の光合波手段とを具備し、前記第1の光分波手段および第1の光合波手段は、周回性を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器であることを特徴とする。

【0040】このように、伝送されてきた波長多重光信号を、第1の光分波器で複数の波長群に分割し、さらに第2の光分波器で各波長毎に分波することによって、コヒーレントクロストークを生じさせる光パスの数は、一つの波長群に属する波長数程度に抑圧できる。したがって、全体の波長数が増大しても、コヒーレントクロストークによる伝送特性劣化を抑圧することができる。

【0041】また、第1の光分波手段および第1の光合波手段として、周回性を有するアレイ導波路回折格子型光合分波器(AWG)を用いることによって、伝送されてきた波長多重光信号において波長群に分割するためのガードバンドを設ける必要がないために、帯域利用効率を向上させることができる。

【0042】さらに、AWGの周回性を用いて波長群単位で合分波を行うと、波長群間でのAWGの挿入損失にはばらつきが生じるが、各波長群に属する波長の光信号に対する挿入損失は、ほぼ均一である。したがって、光パワーレベル調整を波長群単位で行うことによって、AWGの挿入損失のばらつきを補償できるために、光可変減衰器の数を大幅に削減でき、ノード装置の低コスト化が図れる。

【0043】さらに、分割された1つの波長群の中では、各波長の間隔はAWGのフリースペクトラムレンジ(FSR)に相当した広いものであるために、第1の光分波器および第1の光合波器よりも第2の光分波器および第2の光合波器として十分に広い透過帯域のものを用いることができる。このために、光分岐挿入ノード装置を多段接続しても、第2の光分波器および第2の光合波器による透過帯域の狭窄化への影響はほとんどない。

【0044】さらに、第2の光分波器および第2の光合波器の透過帯域を隣接する2波長を含むように設定し、隣接する波長群のいずれかを現用系、他方を予備系と割り当てることによって、現用系の装置障害に対して冗長構成とすることが可能となる。

【0045】本発明の係る別の光挿入分岐ノード装置は、少なくとも互いに反対方向に光信号を伝送する一対の光伝送路を有する光波ネットワークにおいて、各光伝送路を介して伝送されてきた波長多重光信号を複数の波

長群の光信号に分波する第1の光分波手段と、前記波長群を合波し前記光伝送路へ光信号を供する第1の光合波手段と、前記第1の光分波手段の出力の方路を切り替える複数の1入力2出力の第1の光スイッチと、前記第1の光スイッチの第1の出力ポートに接続され、前記波長群の光信号を各波長毎に分波する第2の光分波手段と、前記第2の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う第1の分岐挿入手段と、前記第1の分岐挿入手段から出力される光信号を合波し、前記波長群を再び構成する第2の光合波手段と、前記複数の第1の光スイッチの第2の出力ポートに接続され、波長ルーティング機能を有する第3の光分波手段と、前記第3の光分波手段により分波された光信号毎に分岐挿入を行う第2の分岐挿入手段と、前記第2の分岐挿入手段から出力される光信号を合波する、波長ルーティング機能を有する第3の光合波手段と、前記第2の光合波手段からの出力と、前記第3の光合波手段からの出力を入力とする2入力1出力の第2の光スイッチとを有することを特徴とする。

【0046】このように第1の光分波器の各出力を第1の光スイッチで方路を切り替えることで、現用系光分岐挿入回路か予備系光分岐挿入回路かのいずれかに入力させる。予備系光分岐挿入回路では、第3の光分波器および第3の光合波器として、波長ルーティング機能を有するものを用いて構成する。すなわち、第3の光分波器は、入力ポートが異なると出力ポートに現れる光信号の波長が異なるという特徴を有する。したがって、第1の光分波器でそれぞれの波長群に分割された光信号を、第3の分波器の異なる入力ポートに入力することで、第3の光分波器の出力に接続される第2の分岐挿入手段を全ての波長群で共用できる。第2の分岐挿入手段からの各出力を、同様の機能を有する光合波器で合波することによって、第3の光合波器の異なる出力ポートから各波長群の光信号を出力できる。

【0047】以上説明したように、波長ルーティング機能を有する光分波器および光合波器を用いて予備系光分岐挿入回路を構成することによって、光マトリックススイッチを用いずに、N:1の装置冗長としての機能を実現できる。

【0048】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0049】(第1の実施形態)図1に、本発明の第1の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置を示す。この光分岐挿入ノード装置は、リング状のWDM光波ネットワークの各ノードに配置される装置であり、特定の波長の光信号の分岐、挿入を行う機能を有する。

【0050】入側の光伝送路1-1を介して伝送されてきた波長多重光信号(波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$)は、まず光増幅器2で増幅された後、分波器3で波長 $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号に分波される。分波器3で分波された波長

$\lambda_1, \dots, \lambda_N$ の光信号は、光分岐挿入回路4-1, \dots , 4-Nにそれぞれ入力される。光分岐挿入回路4-1, \dots , 4-Nから出力される光信号は、合波器6により波長多重され、光増幅器7で増幅された後、出側の光伝送路1-2へ供される。

【0051】光分岐挿入回路4-1, \dots , 4-Nは、それぞれ1入力2出力の分岐用光スイッチ10と、2入力1出力の挿入用光スイッチ20で構成される。図1では、光分岐挿入回路4-1のみ内部構成が示されているが、他の光分岐挿入回路4-2, \dots , 4-Nの内部構成も同様である。

【0052】分岐用光スイッチ10の入力ポート13は、分波器3の出力端に接続される。分岐用光スイッチ10の第1の出力ポート11は挿入用光スイッチ20の第1の入力ポート21に接続され、第2の出力ポート12は光受信器7に接続される。挿入用光スイッチ20の第2の入力ポート22には、光送信器8が接続される。挿入用光スイッチ20の出力ポート23は、合波器6の入力端に接続される。

【0053】監視制御部9は、分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20の制御と光受信器7および光送信器8の状態監視を行う。この監視制御部9による制御によって、分岐時動作時には分岐用光スイッチ10の入力ポート13が第2の出力ポート12に接続され、挿入動作時には挿入用光スイッチ20の第2の入力ポート22が出力ポート23に接続され、通過動作時には分岐用光スイッチ10の入力ポート13が第1の出力ポート21に、挿入用光スイッチ20の第1の入力ポート21が出力ポート23にそれぞれ接続される。

【0054】図2に、分岐用光スイッチ10が分岐動作状態、つまり入力ポート13が第2の出力ポート12に接続され、挿入用光スイッチ20が通過状態、つまり第1の入力ポート21が出力ポート23に接続されている状態を示す。ここで、分岐用光スイッチ10に障害が生じ、破線で示すように入力ポート13が第1の出力ポート11に接続された場合には、監視制御部9は挿入用光スイッチ20を挿入動作状態、つまり破線で示すように第2の入力ポート22が出力ポート23に接続された状態へと遷移させる。

【0055】このとき、挿入用光スイッチ20の第1の入力ポート21は開放状態となるので、分岐用光スイッチ10を通過してきた光信号は挿入用光スイッチ20で終端され、光分岐挿入回路4-i ($i=1, \dots, N$) から出力されるのを阻止することができる。監視制御部9による分岐用光スイッチ10の障害検出は、例えば光受信器7の受信光パワーを監視することによって行われ、受信光パワーが所定値以下に低下したことをもって、分岐用光スイッチ10で障害が生じたと検出される。

【0056】このように本実施形態によると、従来では一つの2入力2出力光スイッチで構成されていた光分岐

挿入用光スイッチを1入力2出力の光分岐用光スイッチ10と2入力1出力光挿入用光スイッチ20に分けて構成し、これらの光分岐用光スイッチ10と光挿入用光スイッチ20を個別に制御することによって、光分岐用光スイッチ10に障害が生じても光信号の漏洩を阻止できるため、信頼性の高い光波ネットワークを構築することができる。

【0057】ここで、分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20としては、好ましくは例えば熱光学効果または音響光学効果を利用した光スイッチが用いられる。図3に、熱光学効果を用いた光スイッチの構成例を示す。この光スイッチは、石英基板上にマッハツェンダ干渉計を形成し、このマッハツェンダ干渉計のアーム部分にヒータ31, 32を設けて構成される。ヒータ31, 32は、図1の監視制御部9内に設けられたヒータ通電回路33により電流が注入されて発熱する。この光スイッチが分岐用光スイッチ10の場合、ポート1は入力ポート13であり、ポート2は第1の出力ポート11、ポート3は第2の出力ポート12に相当する。

【0058】図4に、ヒータ31, 32への注入電流に対するポート1からポート2、ポート3への入出力特性を示す。ヒータ31, 32への注入電流を制御することによって、ポート2, 3への出力への出力パワーの配分が変化する。すなわち、ヒータ31, 32への注入電流が小さな領域ではポート2への出力パワーが大きく、注入電流が大きな領域ではポート3への出力パワーが大きくなり、注入電流の大きさを変えることによる切替動作が実現されることが分かる。また、ヒータ31, 32への注入電流に対してポート2, 3への出力パワーが滑らかに変化していることも明らかである。

【0059】このように分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20として熱光学効果を利用したスイッチを用いると、スイッチ動作の設定に大きな自由度を持たせることができ、図4に示したような滑らかな、つまり時定数の大きなスイッチ動作が可能となる。これを利用して、分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20のスイッチ動作の時定数 t_0 を光増幅器2, 7や光受信器7に通常備えられるAGC（自動利得制御）機能の時定数 t_1 より大きくする、言い換えれば、スイッチの動作速度をAGC機能の応答速度よりも遅くすることによって、光パスの再構築の際に生じる光パワー変動を光増幅器2, 7や光受信器7のAGC機能により吸収でき、安定な伝送特性を実現することが可能となる。

【0060】（第2の実施形態）図5に、本発明の第2の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置を示す。尚、図1と同一部分には同一符号を付して、説明を省略する。

【0061】本実施形態における光分岐挿入回路50-1, \dots , 50-Nは、第1の実施形態における光分岐挿入回路4-1, \dots , 4-Nに光可変減衰器51、光カプラ52、減衰器制御部53およびモニタ部54が追加さ

れた構成となっている。

【0062】挿入用光スイッチ20から出力される光信号の一部は光カプラ52により分岐されて、モニタ部54に入力される。モニタ部54は、挿入用光スイッチ20から出力される光信号のパワーレベルを検出し、検出されたパワーレベルに応じた信号を減衰器制御部53へ出力する。減衰器制御部53は、監視制御部9とモニタ部54からの制御に基づき光可変減衰器51の減衰量を制御する。

【0063】すなわち、減衰器制御部53は分岐用光スイッチ10の分岐動作時には、監視制御部9により制御されて光可変減衰器51の減衰量を十分大きな所定値以上の値となるように制御する。このように分岐動作時に光可変減衰器51の減衰量を十分大きく設定することによって、図2で説明したように分岐用光スイッチ10に障害が発生して例えば通過状態になったとしても、分岐用光スイッチ10を通過してきた光信号は光可変減衰器51で阻止される。

【0064】従って、このとき仮に挿入用光スイッチ20も障害が発生して通過状態になっていたとしても、光分岐挿入回路50-1, ..., 50-Nから光信号が出力されてしまうことはない。すなわち、分岐用光スイッチ10と挿入用光スイッチ20の二重障害に対しても、光分岐挿入回路50-1, ..., 50-Nから光信号が漏洩することを阻止することができ、信頼性の高いネットワークを構築することが可能となる。

【0065】一方、減衰器制御部53は分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20の通過動作時には、モニタ部54からの信号に基づき分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20を通過した光信号パワーが一定となるように光可変減衰器51の減衰量を制御する。これにより、波長数の変動などによって生じる光信号パワーの変動に対処でき、安定な伝送特性を実現できる。

【0066】また、このように分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20の通過動作時において、減衰器制御部53がモニタ部54からの出力信号に基づいて光可変減衰器51の減衰量を制御する際、その減衰量が所定の値以下になった場合には減衰器制御部53は異常信号を監視制御部100へ出力する。さらに、光分岐挿入回路50-1, ..., 50-Nの分岐挿入時において、モニタ部54は光送信器8からの光信号のパワーレベルを監視し、このレベルが所定の値よりも減少した場合には、監視制御部9へ異常信号を出力する。

【0067】監視制御部9は、これらの異常信号を受信すると、例えば光伝送路を現用系光伝送路から予備系光伝送路に切り替えるなどの制御を行って、異常信号を発した光パスを回避する。これによってノード障害を未然に防止し、ネットワークの信頼性をさらに向上させることができる。

【0068】上記の説明では、モニタ部54では光パワーレベルの検出のみを行ったが、他の伝送特性をモニタしてもよい。伝送特性として最も重要なパラメータは、ビット誤り率であるが、ビット誤り率を直接測定する方法は、光信号のビット長に対応して長い時間を必要とするため、何らかの間接的な方法により短時間でビット誤り率を測定することが望ましい。

【0069】図6は、ビット誤り率を推定により短時間で求めることができるモニタ部54の構成例を示している。入力された光信号は、光電変換器61により電気信号に変換される。光電変換器61の出力は3分岐され、光パワーモニタ62、第1の識別器63および第2の識別器64に入力される。パワーモニタ62では、受信された光信号のパワーレベルの検出を行う。第1の識別器63は固定の識別レベルV1に基づいてデータの識別を行い、第2の識別器64はQ値算出部67から出力される識別レベルV2に基づいてデータの識別を行う。

【0070】第1および第2の識別器63, 64から出力される識別結果は、排他的論理和回路65に入力される。排他的論理和回路65は、識別器63, 64からの識別結果が異なる時のみパルス信号をカウンタ66に出力する。カウンタ66は、排他的論理和回路65からのパルス信号の数を計数し、結果をQ値算出部67へ出力する。

【0071】Q値算出部67は、第2の識別器64に出力する識別レベルV2を変えてカウンタ66の出力値を読み込むことにより、Q値を算出する。ここで、Q値は当業分野で良く知られているように、1レベルの振幅を μ_1 、分散を σ_1 、0レベルの振幅を μ_0 、分散を σ_0 としたとき、 $Q = (\mu_1 - \mu_0) / (\sigma_1 + \sigma_0)$ で表される値であり、概ねビット誤り率(BER)と一対一に対応している。従って、Q値を算出することによってノードから出力される光信号のビット誤り率を短時間で推定することができる。

【0072】このようなQ値算出によるビット誤り率の推定操作を各ノードで行うことによって、ノードを通過してゆく光信号に対して、どのノード・ノード間の区間で光信号が劣化したかを特定することができるため、障害復旧時間を短縮できる。すなわち、ネットワークの利用効率を向上させることができる。

【0073】(第3の実施形態) 図7は、本発明の第3の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図である。ノードの入側に配置された時計回りの現用系光伝送路71-1および予備系光伝送路72-1を伝送されてくる波長多重光信号は、2入力2出力の光路切替スイッチ81を介して光分岐挿入回路91, 92のいずれかにそれぞれ入力され、ここで特定波長の光信号の分岐、挿入が行われた後、2入力2出力の光路切替スイッチ82を介してノードの出側に配置された時計回りの現用系光伝送路71-2および予備系光伝送路72-2に

送出される。

【0074】一方、反時計回りの現用系光伝送路73-1および予備系光伝送路74-1を伝送されてくる波長多重光信号は、2入力2出力の光路切替スイッチ84を介して光分岐挿入回路93、94のいずれかにそれぞれ入力され、ここで特定波長の光信号の分岐、挿入が行われた後、2入力2出力の光路切替スイッチ83を介して再び半時計回りの現用系光伝送路73-2および予備系光伝送路74-2に送出される。

【0075】ここで、光伝送路71-1、71-2、72-1、72-2、73-1、73-2、74-1、74-2はリングを形成している。また、光分岐挿入回路91、92、93、94は、図1もしくは図5のような構成をとってもよいし、従来と同様の構成であっても構わない。

【0076】光分岐挿入回路91、92、93、94で分岐された各々の光信号は、4入力4出力の光路切替スイッチ85を介して2つの現用系光送受信器101、103および2つの予備系光送受信器102、104に入力される。また、それぞれの光送受信器101、102、103、104からの出力光信号は、4入力4出力の光路切替スイッチ86を介して光分岐挿入回路91、92、93、94に入力され、波長多重光信号に挿入される。光路切替スイッチ81、82、83、84および光分岐挿入回路91、92、93、94は、監視制御部100によって制御される。

【0077】また、光路切替スイッチ81、82、83、84として、先の実施形態における分岐用光スイッチ10および挿入用光スイッチ20と同様に、熱光学効果または音響光学効果を用いたスイッチを用い、そのスイッチ動作の時定数を光伝送路に挿入される光増幅器や、光送受信器101、102、103、104の光受信器のAGC機能の時定数より大きくすることにより、切替え時の光サージの発生を抑圧して、伝送特性の安定化を図るようにしても良い。

【0078】以下、通常時においてはそれぞれの光路切替スイッチ81、82、83、84は図7に破線で示すようにバー状態であるものとして、本実施形態による光分岐挿入ノード装置の動作を説明する。

【0079】図8に、出側の時計回りの現用系光伝送路71-2と入側の反時計回りの現用系光伝送路73-1に伝送路障害(図中×印)が発生した場合の光路切替による障害回避の動作を示す。

【0080】この場合、出側の時計回りの現用系光伝送路71-2と予備系光伝送路72-2の切替えを行う光路切替スイッチ82を図のようにクロス状態に切替え、図示しない次段のノードの入力部分で時計回りの現用系光伝送路71-1と予備系光伝送路72-1の切替えを行う図示しない光路切替スイッチを切替えることにより、光伝送路71-2で発生した障害を回避する。

【0081】また、出側の反時計回りの現用系光伝送路73-2と予備系光伝送路74-2の切替えを行う光路切替スイッチ84をクロス状態に切替え、図示しない前段のノードの出力部分で反時計回りの現用系光伝送路73-1と予備系光伝送路74-1の切替えを行う図示しない光路切替スイッチを切替えることにより、光伝送路73-1で発生した障害を回避する。

【0082】このように現用系光伝送路に障害が発生した場合、光路切替スイッチにより予備系光伝送路に切替えることによって障害を回避でき、ネットワークの信頼性を向上させることができる。しかも、障害が発生したノード・ノード間の区間のみの切替えで障害回避が可能であるので、切替制御の簡便化が図られ、ノードコストの低減が実現できる。

【0083】図9に、現用系の光分岐挿入回路、例えば光分岐挿入回路91に障害(図中×印)が発生した場合の光路切替による障害回避の動作を示す。

【0084】この場合、光路切替スイッチ81をクロス状態に切替えることにより、現用系光伝送路71-1からの光信号を障害が生じた光分岐挿入回路91から予備の光分岐挿入回路92へと切替えて入力する。光分岐挿入回路92で分岐された光信号は、光路切替スイッチ85により光送受信器101へ入力される。

【0085】一方、光送受信器101から出力される光信号は、光路切替スイッチ86により光路を切替えられて光分岐挿入回路92に入力され、さらにクロス状態に切替えられている光路切替スイッチ82を介して再び現用系光伝送路71-2へと出力される。

【0086】このように現用系の光分岐挿入回路に障害が発生した場合には、障害が発生したノード内部のみで切替制御を行うことで障害回避ができる。従って、この場合にも切替制御の簡便化が図られ、ノードコストの低減が実現できる。

【0087】図10に、現用系光伝送路と予備系光伝送路の両方に障害が発生した場合の光路切替による障害回避動作を示す。この場合、光路切替スイッチ85、86を切替えることによって、障害を回避できる。

【0088】まず、光送受信器101から出力される光信号は、光路切替スイッチ86により光分岐挿入回路94を介して予備系光伝送路74-2に挿入される。すなわち、時計回りの現用系光伝送路71-2とは逆回りである反時計回りの予備系光伝送路74-2を介して所望のノードへ光信号が伝送される。このとき、受信端においても現用系光伝送路71-2から予備系光伝送路74-2へと切替制御を行い、通信を継続する。

【0089】一方、反時計回りの現用系光伝送路73-1を介して伝送されていた光信号は、送信端において上記のごとく逆回りである時計回りの予備系光伝送路72-2を介して伝送されてくる。そこで、光分岐挿入回路92により分岐された光信号を光路切替スイッチ85に

より光送受信器103へ接続するようにする。

【0090】このように現用系光伝送路および予備系光伝送路の両方に障害が発生しても、光路切替スイッチによりそれぞれ逆方向の予備系光伝送路に切替えることによって障害を回避でき、ネットワークの信頼性を向上させることができる。

【0091】なお、本実施形態では伝送路障害について説明したが、送信端と受信端の間のノード障害により通信路が途絶えた場合も、同様の制御によって障害を回避できる。

【0092】また、本実施形態では現用系光伝送路と予備系光伝送路が1:1であったが、あるいはn:(n-m)であっても構わない。但し、nは2以上の整数、mは1以上の整数である。

【0093】(第4の実施形態)図13に、本発明の第4の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置を示す。この光分岐挿入ノード装置は、互いに反対方向に光信号を送送する少なくとも一対の光ファイバ伝送路を有するリング状WDM光波ネットワークの各ノードに配置される装置であり、特定の波長の光信号の分岐挿入を行う機能を有する。

【0094】本実施形態は波長毎に切り換えるのではなく、波長を束(群)として切り換えることを概念としている。従って、光伝送路111-1を介して伝送されてきたNチャンネルの波長多重光信号(波長: $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$)は、光増幅器112で増幅された後、周回性を持って第1の光分波器113でKチャンネルずつのM個の波長群に分割される($KM=N$)。ここで、各チャンネル間の光周波数を Δf として、フリースペクトラムレンジが $M \times M$ のアレイ導波路回折格子型光合分波器(AWG)を第1の光分波器113として用いる。すると、波長多重光信号は以下に示すような波長群に分割される。

【0095】

波長群1: $\lambda_1, \lambda_{M+1}, \dots, \lambda_{(K+1)M+1}$

波長群2: $\lambda_2, \lambda_{M+2}, \dots, \lambda_{(K+1)M+2}$

⋮

波長群M: $\lambda_M, \lambda_{2M}, \dots, \lambda_{KM} (= \lambda_N)$

図14に一例として、 $M=4, K=4$ の場合を示す。図14より明らかなように、各波長群にはM個おきにチャンネルが配置されることになるので、各波長群間にガードバンドを設定する必要はない。したがって、波長帯域の利用効率を最大とすることができる。

【0096】光分波器113は、上記のように波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ をM単位で周回して第2の光分波器114-1、114-2、 \dots 、114-Mにそれぞれ導入する。即ち、波長群1~Mが第2の光分波器114-1、114-2、 \dots 、114-Mにそれぞれ分割導入されることになる。光分波器113で分割された各

波長群は、それぞれ第2の光分波器114-1、114-2、 \dots 、114-Mで各波長毎に分波される。各波長毎に分波された光信号は、分岐挿入回路115-1、115-2、 \dots 、115-Nに入力される。分岐挿入回路115-1、115-2、 \dots 、115-Nでは、所望の光信号のみを分岐・挿入し、残りの光信号は通過させる。分岐挿入回路115-1、115-2、 \dots 、115-Nとしては、2入力2出力の光スイッチなどが用いられる。分岐挿入回路115-1、115-2、 \dots 、115-Nからの出力は、第2の光合波器116-1、116-2、 \dots 、116-Mでそれぞれ合波され、再び波長群1、2、 \dots 、Mを構成する。第2の光合波器116-1、116-2、 \dots 、116-Mからの出力光信号は、第1の光合波器117で合波され、光増幅器118で増幅された後、光伝送路111-2で次のノードへと伝送される。ここで、第1の光合波器117としては、第1の光分波器113と同等の機能を有しているAWGを用いることによって、各波長群は再びNチャンネルの波長多重光信号となる。

【0097】光分岐挿入ノード装置を多段接続した場合に問題となるのは、透過波長帯域の狭窄化とコヒーレントクロストークである。本実施形態においては、ノードへの入力光信号のチャンネル間隔は Δf であるが、第1の光分波器113により分割された各波長群におけるチャンネル間隔は $\Delta f \times M$ となる。したがって、第2の光分波器114-1、114-2、 \dots 、114-Mおよび第2の光合波器116-1、116-2、 \dots 、116-Mの透過波長帯域は、第1の光分波器113および第1の光合波器117の透過波長帯域よりも十分に大きく設定できるので、第2の光分波器および第2の光合波器は、ノードの多段接続による透過波長帯域の狭窄化には寄与しない。

【0098】また、コヒーレントクロストークによる劣化は、以下の式で近似的に与えられる。

【0099】 $Pe = 5 \log(1 - 4Q^2 L \epsilon) \dots (1)$

ここで、各パラメータは次のように定義される。

【0100】Q:ある誤り率を得るのに必要なQ値

L:コヒーレントクロストークを発生させる光パスの数

ϵ :1パスあたりのクロストーク量

したがって、コヒーレントクロストークによる伝送特性劣化は、Lと ϵ の関数で与えられる。本実施形態において、第2の光分波器114-1、114-2、 \dots 、114-Mおよび第2の光合波器116-1、116-2、 \dots 、116-Mの透過波長帯域を Δf の3倍程度に設定し、第1の光分波器、第1の光合波器、第2の光分波器および第2の光合波器のクロストーク量を全てCとすると、特定波長に対する1ノード当りのコヒーレントクロストーク量 $L \epsilon$ は、以下の式で表される。

【0101】

$L \epsilon = (K+1)C^2 + (N-K-1)C^1 \dots (2)$

ここで、(2)式右辺の第2項は、クロストーク量がCの4乗であるために、第1項に比べて無視できるほど十分に小さい。したがって、本実施形態における1ノード当りのコヒーレントクロストークを与える光パスの数は、各波長群に属する波長数程度に抑圧できる。

【0102】図15にクロストーク量 $C=3 \times 10^3$ ($=-25\text{ dB}$)、 $N=64$ 、 $K=8$ とした場合の誤り率 10^{-9} におけるコヒーレントクロストークによる劣化量を示す。従来例では、1ノード当りのコヒーレントクロストークを与える光パスの数が多重されている全波長数に概ね比例するために、10ノード通過後では5 dB以上の劣化を生じるが、本実施形態では、1ノード当りのコヒーレントクロストークを与える光パスの数が各波長群に属する波長数程度に抑圧できるために、10ノード通過後も0.3 dB程度に抑圧できる。

【0103】さらに、本実施形態のごとく波長多重信号を波長群に分割することによって、運用・保守・管理(OAM)も波長群単位で行えるために、OAMの簡略化が図れる。また、必要に応じて波長群単位で増設できるために、スケラビリティも確保できる。

【0104】図16に本発明に係る第5の実施形態を示す。尚、図13と同一部分には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0105】第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mにより合波された各波長群は、光減衰器140-1、140-2、…、140-Mに入力される。光減衰器140-1、140-2、…、140-Mにおける各減衰量は、第1の光分波器113および第1の光合波器117の各波長群に対する挿入損失のばらつきを補償するように設定されている。光減衰器140-1、140-2、…、140-Mからの出力は、第1の光合波器117にそれぞれ入力される。

【0106】このように、各波長群毎に光パワーレベルの調整を行うことによって、光減衰器の数を大幅に削減できるため、ノード装置の低コスト化、小規模化が図れる。

【0107】なお、上記の説明では、第2の光合波器と第1の光合波器との間に光減衰器を設置したが、第1の光分波器と第2の光分波器の間に設置しても同様の効果が得られる。

【0108】また、第2の光合波器の出力をモニターし、各波長群間の損失差を抑圧するように、光減衰器の減衰量を制御してもよい。

【0109】図17に本発明に係る第6の実施形態を示す。尚、図13と同一部分には同一符号を付して、その説明を省略する。

【0110】第1の光分波器3により分割されたM個の波長群(M:偶数)は、奇数番目の波長群を現用系、偶数番目の波長群を予備系として割り当てられる。すなわち、波長群1に対する予備系として波長群2が割り当て

られ、波長群3の予備系として波長群4が割り当てられる。隣接する2つの波長群は、2入力2出力の第1の光スイッチ119-1、119-2、…、119-P ($P=M/2$)へと入力される。つまり、波長群1と波長群2は第1の光スイッチ119-1、波長群3と波長群4は第1の光スイッチ119-2、…、波長群M-1と波長群Mは第1の光スイッチ119-Pへと入力される。第1の光スイッチ119-1、119-2、…、119-Pからの出力は、それぞれの波長群に対応する第2の光分波器114-1、114-2、…、114-Mへと入力される。ここで、第2の光分波器114-1、114-2、…、114-Mの分波特性は、一つの出力ポートに隣接する2つの波長が出力できるように設定する。すなわち、第2の光分波器114-1、114-2の第1の出力ポートからは波長 λ_1 と λ_2 、第2の光分波器114-3、114-4の第1の出力ポートからは波長 λ_3 と λ_4 が出力できるように設定する。第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mの各入力ポートから出力ポートへの合波特性も同様に隣接する2つの波長が出力できるように設定する。第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mからの出力は、隣接する2つの波長群毎に2入力2出力の第2の光スイッチ120-1、120-2、…、120-Pへと入力される。第2の光スイッチ120-1、120-2、…、120-Pからの出力は、第1の光合波器117へ入力される。

【0111】ここで、現用系波長群1に対応する分岐挿入回路に障害が発生した場合の動作を図18に示す。障害の検出は、各波長毎に分波した後に、その一部をタップして、光パワーやQ値をモニターすることによって行う。第1の光スイッチ119-1および第2の光スイッチ120-1は通常運用時にはバー状態(図中点線)にあるが、障害発生時にはクロス状態(図中実線)となる。この光スイッチの状態遷移により、障害が発生した現用系波長群1は方路を切り替えられ、第2の光分波器114-2に入力される。第2の光分波器114-2は、隣接する2つの波長を出力できるようになっているので、現用系波長群1は第2の光分波器114-2により各波長ごとに分波される。第2の光合波器116-2も、第2の分波器114-2同様に隣接する2つの波長を出力できるように設定されているので、第2の光合波器116-2で再び現用系波長群1が構成される。第2の光合波器116-2からの出力は、第2の光スイッチにより方路を切り戻され、第1の光合波器117の所定の入力ポートへと入力される。

【0112】このように本実施形態によれば、隣接する波長群を現用系と予備系に割り当てることにより、1:1の装置冗長系が容易に構成できるので、信頼性の高い光分岐挿入ノード装置を提供できる。また、波長群間で切替を行うので、光スイッチの数を大幅に削減でき、低

コスト化が図れる。さらに、障害復旧が一つのノード内で閉じて行えるために、OAMの簡略化が図れる。

【0113】図19に本発明に係る第7の実施形態を示す。尚、図17と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0114】海底伝送系などの長距離伝送では、光信号の信号対雑音比を良好な状態に保持するために、各ノードで再生中継を行う。分岐挿入回路115-1、115-2、…、115-Nからの出力光信号は、再生中継器121-1、121-2、…、121-Nに入力される。再生中継器121-1、121-2、…、121-Nでは、入力された光信号を電気信号に変換し、識別器で識別した後、各々に固有の波長の光信号に変換され出力される。再生中継器121-1、121-2、…、121-Nからの出力光信号は、第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mにより合波され、再び波長群を構成する。

【0115】図20に、現用系波長群1の再生中継器に障害が発生した場合の動作を示す。第1の光スイッチ119-1は通常運用時にはバー状態（図中点線）にあるが、障害発生時にはクロス状態（図中実線）となる。この光スイッチの状態遷移により、障害が発生した現用系波長群1は方路を切り替えられ、第2の光分波器114-2に入力される。第2の光分波器114-2は、隣接する2つの波長を出力できるようになっているので、現用系波長群1は第2の光分波器114-2により各波長ごとに分波される。分岐挿入回路115-2、115-M+2、…からの出力は、再生中継器121-2、121-M+2、…に入力される。各再生中継器121-2、121-M+2、…では、入力された光信号をそれぞれに割り当てられた波長 λ_2 、 λ_{M+2} 、…の光信号に変換して出力する。再生中継器121-2、121-M+2、…からの出力光信号は、第2の光合波器116-2および第1の光合波器117を介して、伝送路111-2へと送出される。すなわち、現用系波長群1はノード装置の障害発生に伴い、予備系波長群2へと変換され、次段のノードへと伝送される。次段のノードでは、波長群1および波長群2が入力される第1の光スイッチ

119-1をクロス状態とすることによって、前段のノードで波長変換された光信号を再び元の波長の光信号に戻す。

【0116】このように本実施形態によれば、隣接するノード間で協調してプロテクション機能を動作させることによって、ノード内の光スイッチの数を半減でき、ノード装置の低コスト化が図れる。

【0117】上記の説明では、隣接するノード間で協調してプロテクション機能を実現したが、第5の実施形態のごとく、第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mからの出力を、隣接する2つの波長群毎に2入力2出力の第2の光スイッチ120-1、120-2、…、120-Pへと入力してもよい。この場合、再生中継器121-1、121-2、…、121-Nには波長可変機能が要求されるが、波長可変範囲としては、隣接する波長間隔程度でよい。この波長間隔は、帯域の利用効率の点から、近年0.8nmや0.4nmと狭くなる方向にある。この程度の波長可変範囲は、通常用いられる分布帰還型半導体レーザでも動作温度を調整するだけで達成できる範囲である。したがって、ノードコストの上昇にはならない。さらに、障害発生時に自ノード内に閉じて障害復旧が可能となるので、運用・保守・管理が容易となる。

【0118】図21に本発明に係る第8の実施形態を示す。尚、図13と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0119】第1の光分波器3の各出力は、1入力2出力の第3の光スイッチ122-1、122-2、…、122-Mに入力される。第3の光スイッチ122-1、122-2、…、122-Mからの一方の出力は、第2の光分波器114-1、114-2、…、114-Mに入力される。第3の光スイッチ122-1、122-2、…、122-Mからの他方の出力は、M入力K出力の第3の光分波器123の各入力ポートに接続される。表1に第3の光分波器123の入出力波長特性を示す。

【0120】

【表1】

		入力ポート				
		1	2	3	.....	M
出力ポート	1	λ_1	λ_2	λ_3	.....	λ_M
	2	λ_{M+1}	λ_{M+2}	λ_{M+3}	.....	λ_{2M}
	3	λ_{2M+1}	λ_{2M+2}	λ_{2M+3}	.....	λ_{3M}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	K	$\lambda_{(K-1)M+1}$	$\lambda_{(K-1)M+2}$	$\lambda_{(K-1)M+3}$	.....	λ_{KM}

【0121】表1より明らかなように、第3の光分波器123の入力ポート i ($i=1, 2, \dots, M$) から波長群1を入力すれば、波長群 i に属する波長が第3の光分波器123の各出力ポートに分波される。表1のような分波特性は、AWGが有する波長ルーターとしての機能を用いれば容易に実現できる。第3の光分波器123により分波された各光信号は、分岐挿入回路124-1、124-2、…、124-Kに入力される。分岐挿入回路からの出力は、K入力M出力の第3の光合波器125に入力される。ここで第3の光合波器125として、第3の光分波器123の入出力波長特性の逆特性を有するAWGを用いることによって、第3の光合波器125の出力ポート i に波長群1を再構成できる。第3の光合波器125からの各出力は、2入力1出力の第4の光スイッチ126-1、126-2、…、126-Mの一方の入力ポートに接続される。第4の光スイッチ126-1、126-2、…、126-Mの他方の入力ポートに、各々の波長群に対応した第2の光合波器116-1、116-2、…、116-Mからの出が接続される。第4の光スイッチ126-1、126-2、…、126-Mからの出力は、第1の光合波器117で合波され、光増幅器118で増幅された後、伝送路111-2に送出される。

【0122】図22に波長群1内の分岐挿入回路に障害が生じた場合の障害回避動作を示す。通常運用時には、第3の光スイッチ122-1、122-2、…、122-Mは、各波長群の光信号を第2の光分波器114-1、114-2、…、114-Mに入力するように設定されている。ここで、波長群1の分岐挿入回路115-1に障害が生じた場合には、第3の光スイッチ122-1は波長群1を第3の光分波器123に入力するように、方路を切り替える。第3の光分波器123で分波された各波長の光信号は、分岐挿入回路124-1、124-2、…、124-Kに入力される。分岐挿入回路124-1、124-2、…、124-Kでは所望の波長の光信号のみ分岐、挿入を行う。分岐挿入回路124-1、124-2、…、124-Kからの出力は、第3の

光合波器125に入力され、再び波長群1を構成する。第4の光スイッチ126-1は、第3の光合波器125からの出力信号を第1の光合波器117に入力するように、状態を遷移させる。

【0123】このように本実施形態によると、M個の波長群に対して1個の装置冗長で対応できる。すなわち、M:1の冗長系を光マトリックススイッチを用いずに構成できる。したがって、波長数が増大しても低コストでM:1の冗長系を実現できる。

【0124】さらに、障害発生時に自ノード内に閉じて障害復旧が可能となるので、運用・保守・管理が容易となる。

【0125】なお、上記の説明においては、再生中継器を用いない構成について述べたが、再生中継器を用いた構成にも適用できる。この場合、第3の光分波器123により分波された各光信号のパスに配置する再生中継器としては、波長可変光源が必須となる。しかしながら、ここで用いる波長可変光源の波長可変幅としては、N波長分可変できる必要はなく、M波長分可変できればよい。例えば、波長間隔0.8nmの波長多重信号に対して、 $N=64$ 、 $M=8$ とすると、6nm程度の波長可変範囲があれば良いことになる。この程度の波長可変幅は、現状の分布ブラッグ反射型半導体レーザで十分カバーできる範囲であるため、実現性は高い。

【0126】尚、第4実施形態～第8実施形態において、分岐挿入回路115-1、115-2、…、115-Nとして2入力2出力の光スイッチが用いられるが、第1実施形態の光分岐挿入回路4-1、…、4-Nに用いられる1入力2出力の分岐用光スイッチ10と、2入力1出力の挿入用光スイッチ20で構成されるものを用いても良い。

【0127】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば以下の効果を得ることができる。

【0128】(1)分岐用光スイッチと挿入用光スイッチを個別に設け、これらを個別に制御することにより、分岐動作時に分岐用光スイッチに障害が発生しても、挿

入用光スイッチを強制的に挿入動作状態として他ノードへの光信号の漏洩を防ぐことができ、高い信頼性を有するネットワークを構築できる。

【0129】(2) 分岐用光スイッチと挿入用光スイッチの間に光可変減衰器を設けることによって、分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチの二重障害が発生しても他ノードへの光信号の漏洩を防ぐことが可能となり、ネットワークの信頼性をさらに向上させることができる。

【0130】(3) 光分岐挿入回路の通過動作時において光可変減衰器の減衰量が所定値以下となった場合に異常信号を発生させることにより、ネットワーク障害を未然に防ぐことができる。

【0131】(4) 各ノードにおいて光信号の伝送特性値として、特にQ値を監視することによって、障害個所の特定が容易となるため、障害復旧時間を短縮してネットワークの利用効率を向上させることができる。

【0132】(5) 障害回避のための切替制御方式の簡便化を図ることによって、低コストで信頼性の高いノード装置を提供できる。

【0133】(6) 光パスの再構築および障害時における光スイッチや光路切替スイッチのスイッチ動作の待定数を光増幅器や光受信器のAGC機能の待定数より大きく設定することによって、スイッチ動作時の光サージの発生を抑圧でき、安定な伝送特性を実現することが可能となる。

【0134】(7) 1つのノードにおけるコヒーレントクロストークを生じさせる光パスの数を、分割した波長群に属する波長数程度に減少させることができるので、ノードを多段接続しても、コヒーレントクロストークによる伝送特性劣化を抑圧できる光分岐挿入ノード装置を提供できる。

【0135】(8) 光分波器および光合波器の周回性を用いて波長群に分割しているので、各波長群間にガードバンドを設ける必要がなく、波長帯域の利用効率の向上が図れる。

【0136】また、波長群毎に光合分波器の挿入損失のばらつきを補償できるので、ノード装置の低コスト化や小規模化が図れる。

【0137】(9) 分割された波長群を一つの単位として取り扱うことにより、スケラビリティを確保できる光分岐挿入ノード装置を提供できる。さらに、波長群単位で運用・管理・保守を行えるので、操作性に優れた光分岐挿入ノード装置を提供できる。

【0138】(10) AWCの波長ルータとしての機能を利用して冗長系を構成することにより、光マトリックススイッチを用いずにN:1の冗長系を構成できるために、低コストで信頼性の高い光分岐挿入ノード装置を提供できる。

【0139】(11) 装置障害が発生した場合に、自ノ

ード内に閉じて障害復旧が可能であるため、ネットワークの運用・管理・保守が容易な光分岐挿入ノード装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図

【図2】同第1の実施形態における障害回避動作を説明する図

【図3】本発明において分岐用光スイッチおよび挿入用光スイッチとして用いられる光スイッチの具体例を示す図

【図4】同光スイッチのスイッチ動作を説明する図

【図5】本発明の第2の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図

【図6】同第2の実施形態におけるモニタ部の構成例を示す図

【図7】本発明の第3の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図

【図8】同第3の実施形態における現用系光伝送路の障害発生時の光路切替えによる障害回避動作を説明する図

【図9】同第3の実施形態における現用系光分岐挿入回路の障害発生時の光路切替えによる障害回避動作を説明する図

【図10】同第3の実施形態における現用系および予備系光伝送路の障害発生時の光路切替えによる障害回避動作を説明する図

【図11】従来の光分岐挿入ノード装置の構成を示す図

【図12】ネットワーク障害回避を考慮した従来の光分岐挿入ノード装置の構成を示す図

【図13】本発明の第4の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図。

【図14】本発明における波長配置を示す図。

【図15】ノードを多段接続した場合のコヒーレントクロストークによる伝送特性劣化の様子を示す図。

【図16】本発明の第5の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図。

【図17】本発明の第6の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図。

【図18】同第6の実施形態における装置障害回避動作を説明する図。

【図19】本発明の第7の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図。

【図20】同第7の実施形態における装置障害回避動作を説明する図。

【図21】本発明の第8の実施形態に係る光分岐挿入ノード装置の構成を示す図。

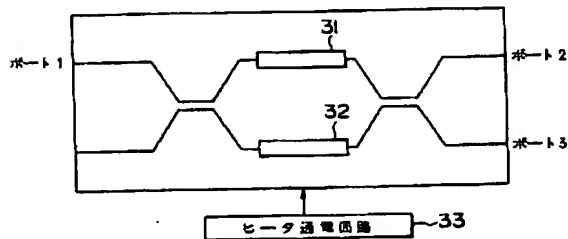
【図22】同第8の実施形態における装置障害回避動作を説明する図。

【図23】従来の光パス階層化のための波長配置を示す図。

【符号の説明】

1-1, 1-2 : 光伝送路
 2 : 光増幅器
 3 : 光分波器
 4-1, ..., 4-N : 光分岐挿入回路
 5 : 光合波器
 6 : 光増幅器
 7 : 光受信器
 8 : 光送信器
 9 : 監視制御部
 10 : 1入力2出力の分岐用光スイッチ
 11 : 第1の出力ポート
 12 : 第2の出力ポート
 13 : 入力ポート
 20 : 2入力1出力の挿入用光スイッチ、
 21 : 第1の入力ポート
 22 : 第2の入力ポート
 23 : 出力ポート
 50-1, ..., 50-N : 光分岐挿入回路
 51 : 光可変減衰器、
 52 : 光カプラ
 53 : 減衰器制御部
 54 : モニタ部
 61 : 光電変換器
 62 : 光パワーモニタ
 63, 64 : 識別器
 65 : 排他的論理和回路
 66 : カウンタ
 67 : Q値算出部
 71-1, 71-2, 73-1, 73-2 : 現用系光伝送路

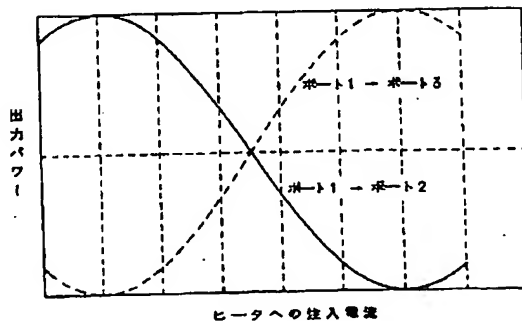
【図3】



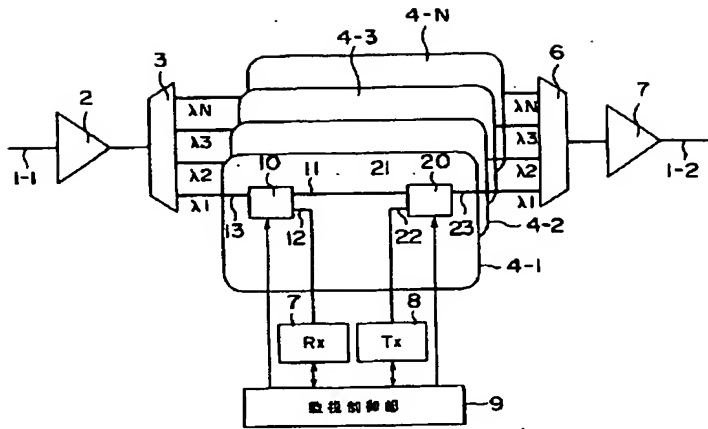
* 72-1, 72-2, 74-1, 74-2 : 予備系光伝送路
 81~86 : 光路切替スイッチ
 91~94 : 光分岐挿入回路
 100 : 監視制御部
 101~104 : 光送受信器
 111-1, 111-2 : 光伝送路
 112, 118 : 光増幅器
 113 : 第1の光分波器
 10 114-1, 114-2, ..., 114-M : 第2の光分波器
 115-1, 115-2, ..., 115-N : 分岐挿入回路
 116-1, 116-2, ..., 116-M : 第二の光合波器
 117 : 第1の光合波器
 119-1, 119-2, ..., 119-P : 第1の光スイッチ
 120-1, 120-2, ..., 120-P : 第2の光スイッチ
 20 イッチ
 121-1, 121-2, ..., 121-N : 再生中継器
 122-1, 122-2, ..., 122-M : 第3の光スイッチ
 123 : 第3の光分波器
 124-1, 124-2, ..., 124-K : 分岐挿入回路
 125 : 第3の光合波器
 126-1, 126-2, ..., 126-M : 第4の光スイッチ
 140-1, 140-2, ..., 140-M : 光減衰器

*

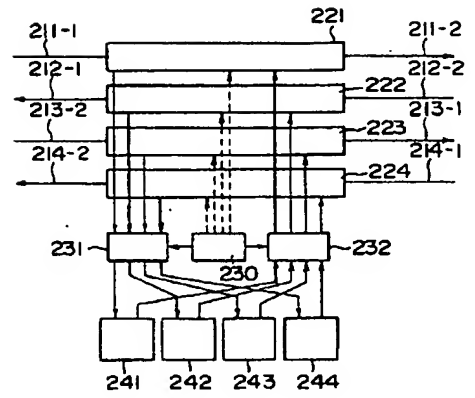
【図4】



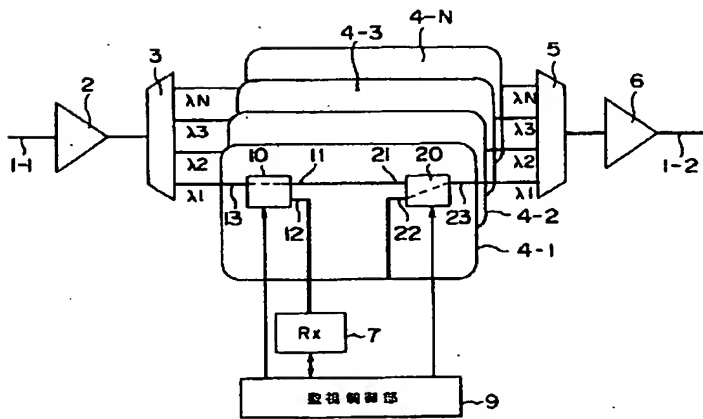
【図1】



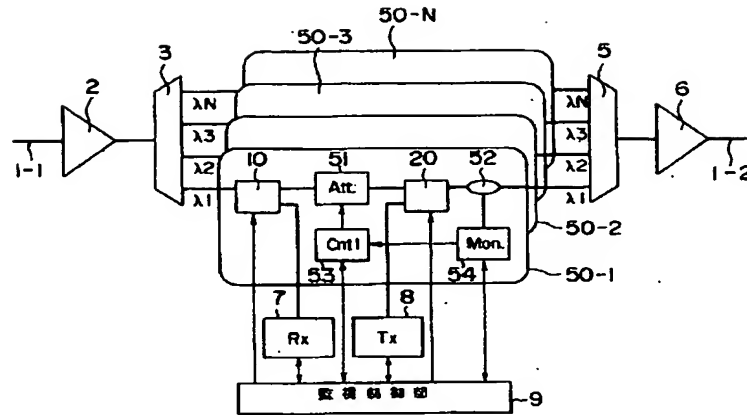
【図12】



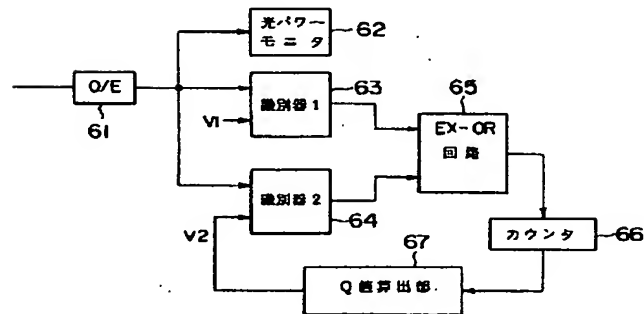
【図2】



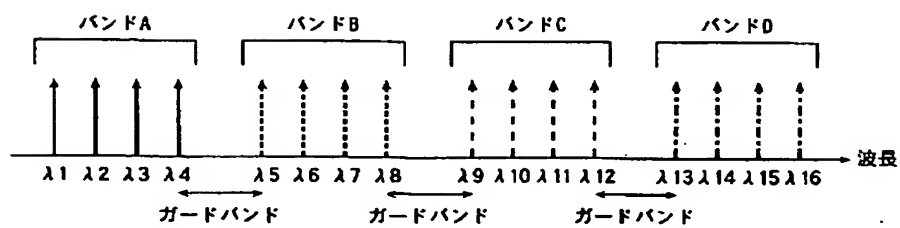
【図5】



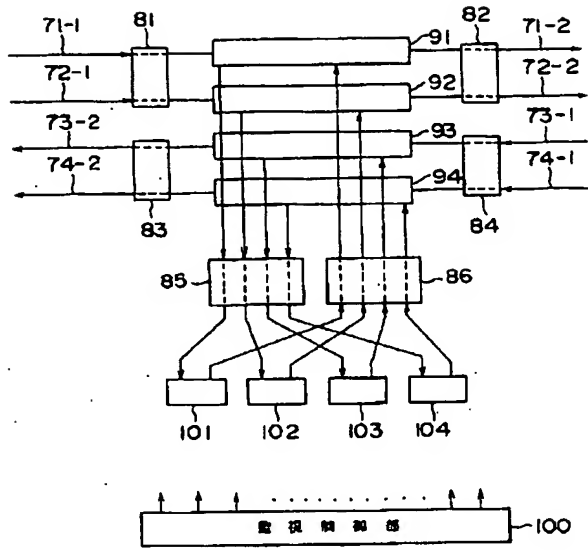
【図6】



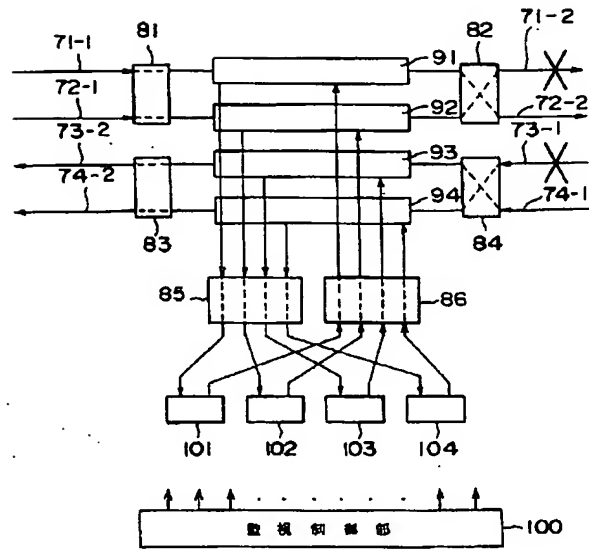
【図23】



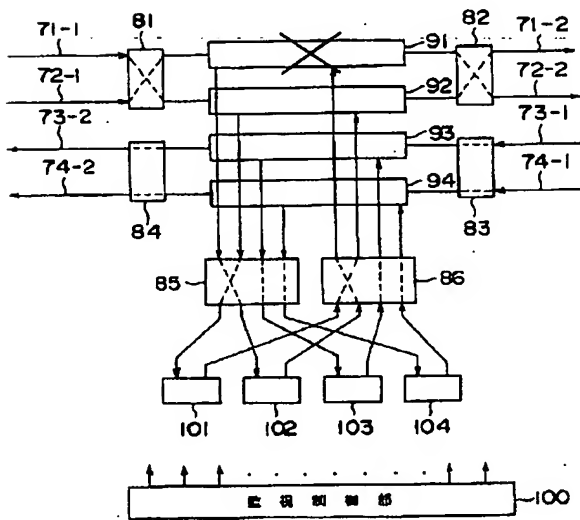
【図7】



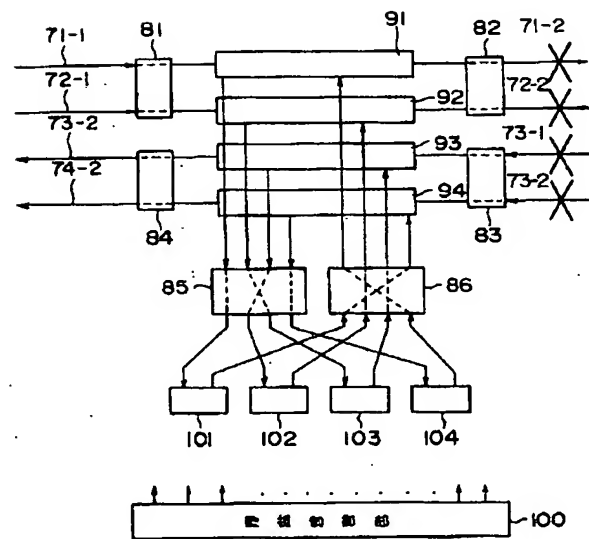
【図8】



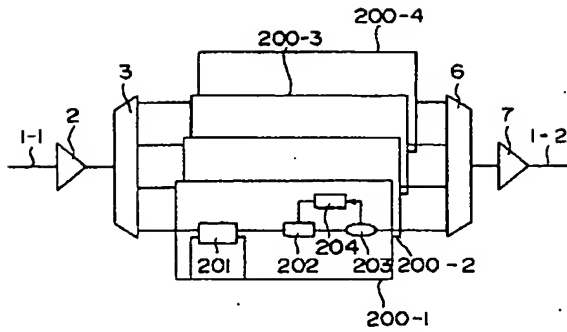
【図9】



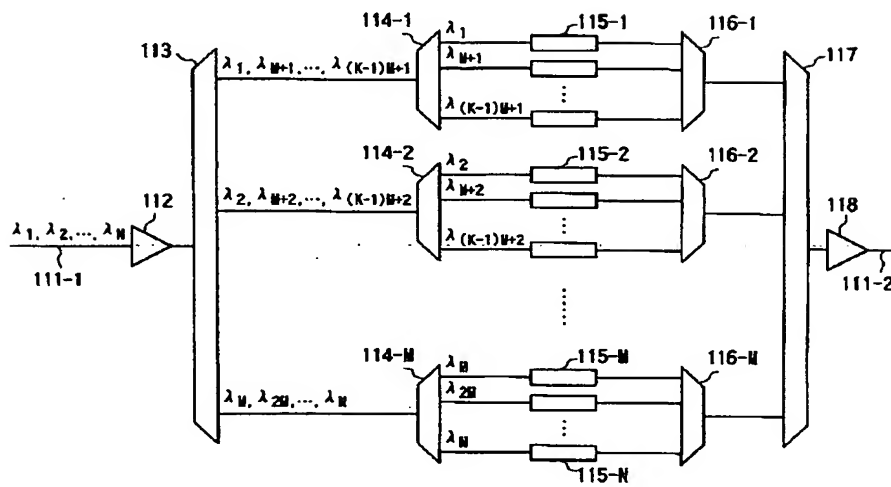
【図10】



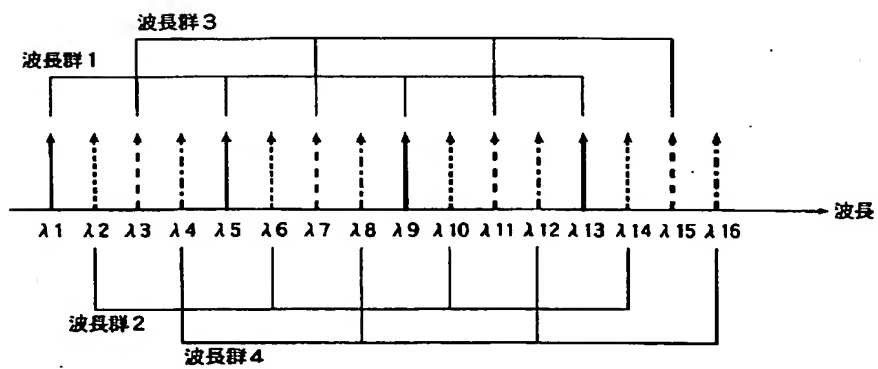
【図11】



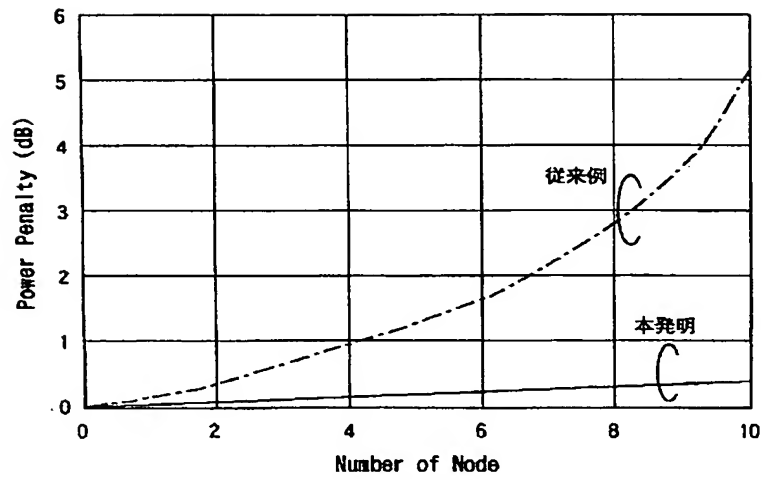
【図13】



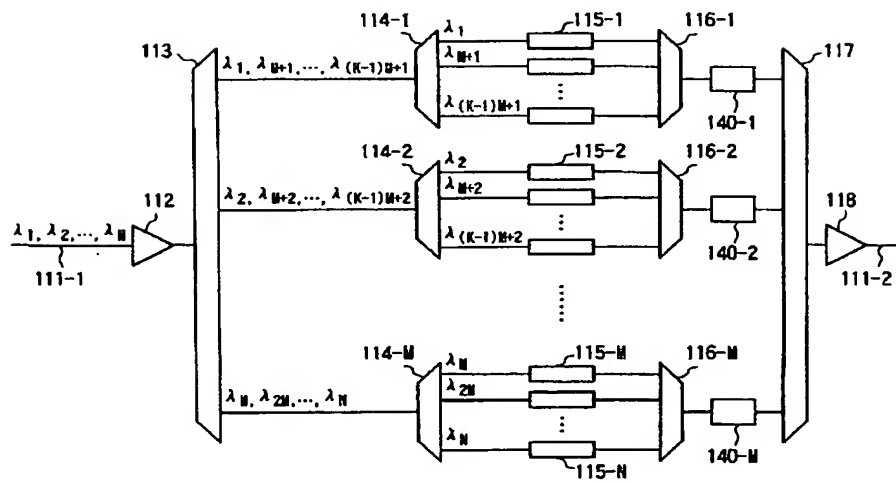
【図14】



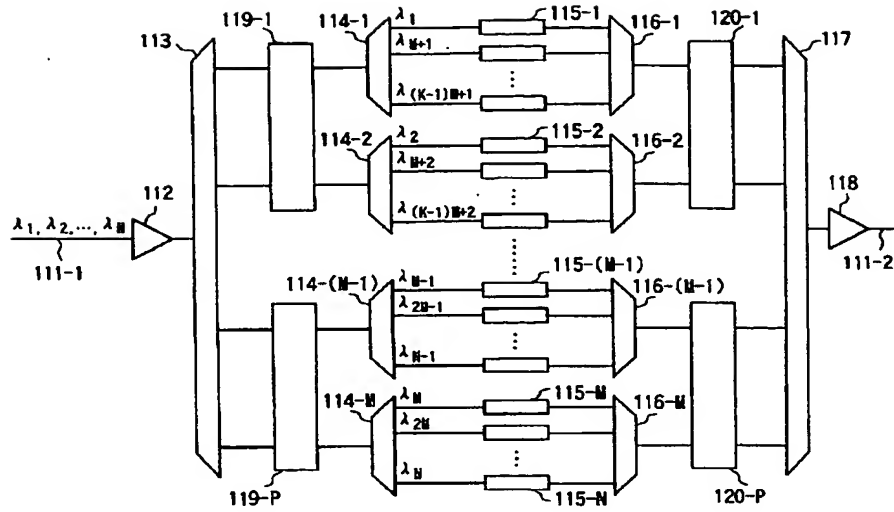
【図15】



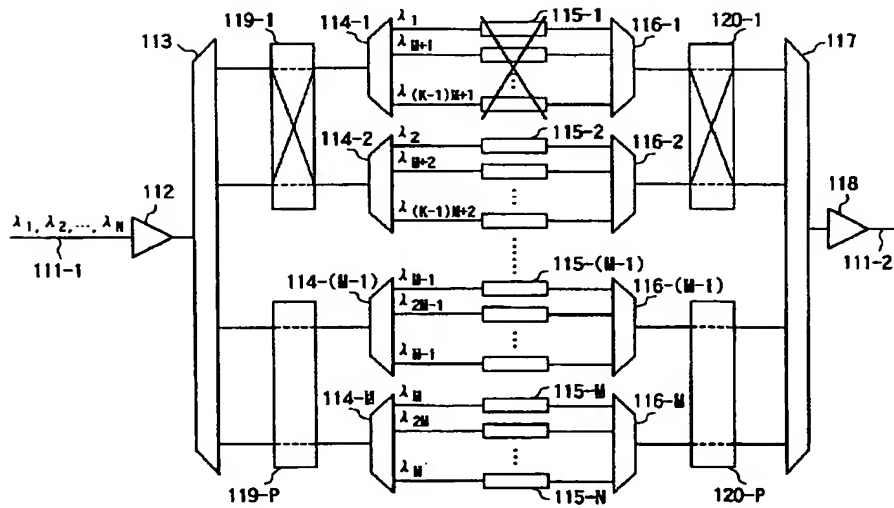
【図16】



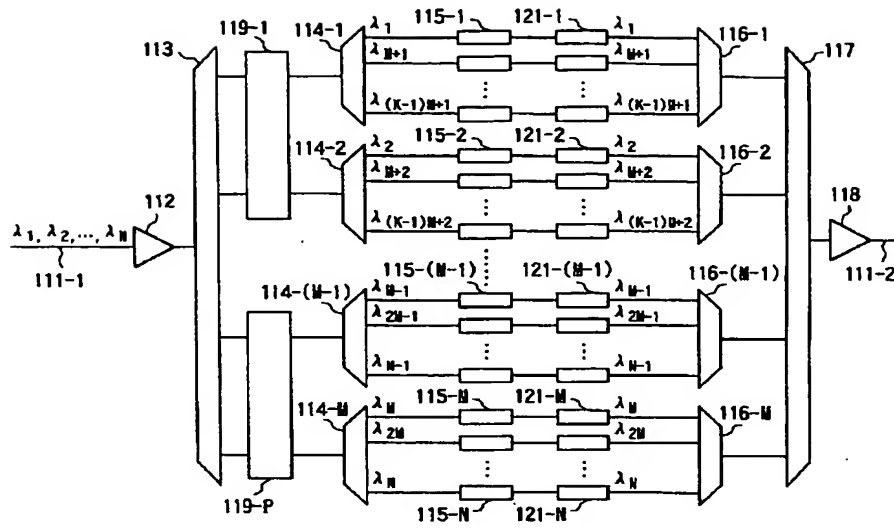
【図17】



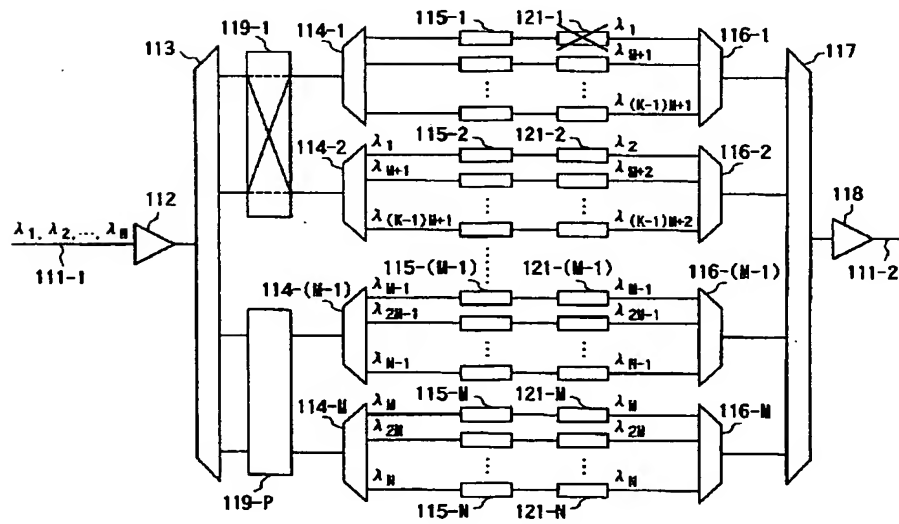
【図18】



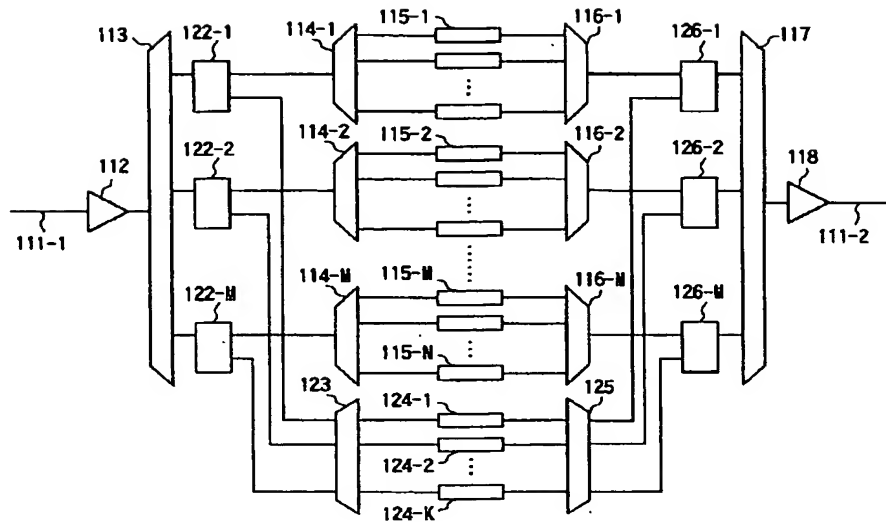
【図19】



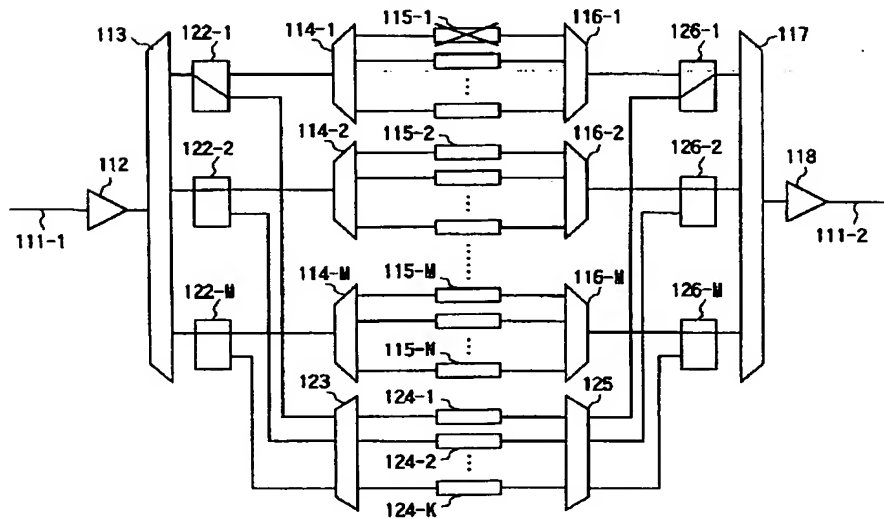
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 柴垣 太郎
東京都日野市旭が丘3丁目1番地の1 株
式会社東芝日野工場内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA04 BA05 BA61
CA13 DA02 DA11 EA05 EA33
FA01
5K069 AA02 AA10 BA09 CB04 CB10
DB33 EA24 EA28